

"Fotogrammetrie wordt INSTAGRAMmetrie"

Hoe (goed) kunnen foto's puntenwolken creëren?

Door Bas Altena, Maarten Borremans
en Liesbet Cockx

De tijd dat een fotogrammetrist met de hand op de wielen van logge stereoplotters een kaart genereert, is vervlogen. Technologie heeft er voor gezorgd dat iedere camera gebruikt kan worden als landmeetkundig instrument. Om dit te demonstreren beschrijven we hier een gevalstudie van een zandafgraving.

Inleiding

Het meten in beelden is binnen het vakgebied van landmeetkunde vooral bekend vanuit de lucht. Het is echter ook mogelijk om vanaf de grond foto's te maken en deze te verwerken tot ruimtelijke beschrijvingen. Ten opzichte van de luchtbeelden was de verwerking van deze beelden meer gecompliceerd doordat perspectief zorgde voor een variërende schaal tussen of in beelden. Verder gebeurde de inwinning met camera's waarvan de vertekeningen van de lens en het opnameveld gekend zijn.

Door technologische vooruitgang in digitale camera's en de daarbij behorende signaalverwerking is het nu mogelijk om de verwerking op semi-automatische wijze te verrichten. Deze stap voorwaarts, afkomstig uit de computervisie, integreert de camerakalibratie in de vereffening van de stralenbundel van opname- en verbindingspunten [Moons, e.a. 2009]. Hierdoor is het mogelijk om met consumenten- camera's toch een kwalitatief hoogstaand terreinmodel te genereren. Ter demonstratie van deze techniek werd de topografie van een zandgroeve berekend. Dit laat zien dat het mogelijk is om met minimale kosten een alternatief te bieden voor duurdere systemen zoals een laserscanner.

De inmenging van computervisie binnen de fotogrammetrie heeft er voor gezocht dat vanuit een willekeurige verzameling foto's gemakkelijk een reconstructie kan worden gegenereerd (bijvoorbeeld [Agarwal, e.a., 2009]). Een indicatie van vorm volstaat vaak voor computervisie toepassingen. De landmeter heeft echter een andere aanpak, zijn werk begint met het bepalen van een meetopzet om het meest betrouwbare en precieze product te genereren. Daarom



Puntenwolk in perspectief van het oostelijke deel van de zandgroeve, nabij Tiel-Winge, België. De puntenwolk is afkomstig van een vlucht met de Trimble UX5 UAV, verwerkt met PIX4UAV-software. Voor schaal zijn links drie auto's te herkennen, en rechtsmidden een laadschip nabij de zandafgraving.

worden er in dit artikel ook praktische keuzes meegegeven die de geometrische kwaliteit kunnen verbeteren.

Gebied

Het demonstratiegebied is een zandgroeve in de gemeente Tiel-Winge, Vlaams Brabant, België. De groeve wordt al meerdere jaren afgegraven en jaarlijks moet het afgegraven volume zand doorgegeven worden aan het grondloket. De schatting van de grond wordt normaliter gedaan door middel van vrachtbonnen, maar ter controle vindt minimaal eenmaal per jaar een topografische detailmeting plaats door het landmeetkundig bureau HOSBUR. In 2012 werd maar een klein deel van de oostelijke wand afgegraven, waardoor terrestrische fotogrammetrie een snel en gemakkelijk alternatief zou zijn ter vervanging van de traditionele tachymetrie.

Meetopstelling

Voor de opnames is gebruikgemaakt van een spiegelreflexcamera met een vaste brandpuntsafstand (Canon EOS7d, 35mm). Het is gewenst om de opnamesituatie van het instrument gelijk te houden. Dit maakt het immers mogelijk om de interne kalibratieparameters te laten integreren met de stralenbundelvereffening. Verder werden er 44 richtmerken opgesteld voor, boven en langs de zandwand en opgemeten met een tachymeter (Trimble S3) om te dienen als paspunt. Ook werd de wand ingemeten met een puls laserscanner (Leica Scan Station 2).

De zandwand was ongeveer zestig meter lang en de hoogte varieerde van vier tot maximaal negen meter. De relatieve positie en rotatie tussen opnames wordt berekend door verbindingspunten, die gebaseerd zijn op voorwaartse insnijding. Dit driehoekenstelsel van insnijdingen wordt geometrisch sterker wanneer ook variatie in de derde dimensie wordt meegenomen.

Een fotografische paal werd gebruikt om dit mogelijk te maken. Hiermee werden opnames tot een hoogte van zes meter gemaakt. Tabel 1 toont de invloed van opnames met een fotografische paal op fouten in X,Y en Z. Er is duidelijk een significante verbetering waarneembaar in de precisie van de meting. Daarnaast zorgt de minimale verdubbeling van het aantal foto's voor een betere betrouwbaarheid (controle op de meting), dit brengt echter ook extra rekenwerk met zich mee. Aangezien dit grotendeels overgenomen wordt door de computer, weegt voornamelijk het voordeel in precisie door. Bijkomend wordt door het gebruik van een telescopische



Figuur 2a. Overzichtsfoto van de inwinning met total station.

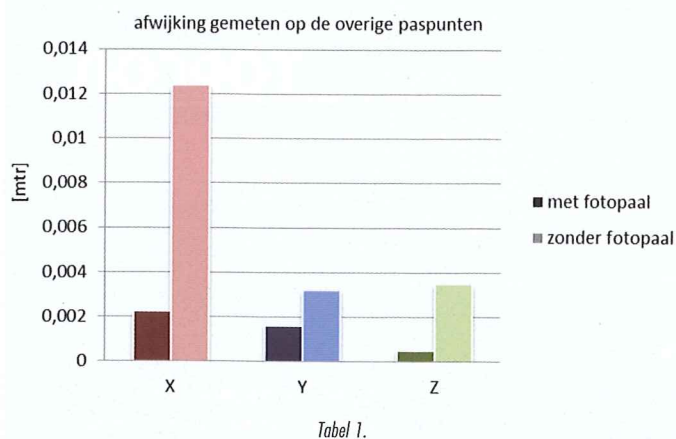


Figuur 2b. Beeldopname met de fotografische paal: langs de zandwand zijn de paspunten zichtbaar.

paal een overzicht verkregen daar vanaf de grond het zicht vaak wordt belemmerd (denk aan wegen, auto's, mensen enzovoort).

Verwerking

De aanpak van de software is anders dan de traditionele restitutie programma's aangezien een groot deel gebaseerd is op willekeurige bemonsteringsmethodieken (RANSAC) en een vrije vereffening in een projectieve ruimte [Hartley en Zisserman, 2000]. Positie- en oriëntatie-parameters hoeven niet meegegeven te worden en ook het afstellen van parameters in de verschillende stappen is gesimplificeerd.



Tabel 1.

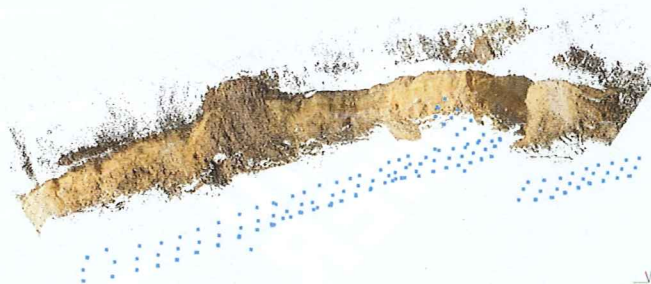
Wel moeten bekende paspunten worden toegevoegd. Deze zorgen voor een aansluiting naar een bekend referentiestelsel en worden ook gebruikt om de camera en lens variabelen te optimaliseren. De software begint met een eenvoudig model afkomstig van de EXIF-data uit het beeld en optimaliseert deze door grondpunten mee te nemen in de schatting. Uit onze test bleek dat zes paspunten voldoende was, meer bekende punten resulteerde niet in een duidelijke verbetering. Dit komt doordat de bekende punten door veel beelden gezien werden. Daarnaast zijn ook alle automatisch gegenereerde verbindingspunten onderhevig aan dezelfde vervorming en deze worden dus ook meegenomen in de schatting.

Triangulatie

Na de schatting van positie en oriëntatie volgt de topografische reconstructie. Iedere pixel wordt gekoppeld aan een andere pixel,

om zo via stereoscopie een 3D-punt te genereren. De verzameling van al deze punten vertaalt zich in een puntenwolk. Als het contrast in de beelden goed is, dan is de kwaliteit van deze meting afhankelijk van de camera en lens specificaties. Naast de keuze van de camera kunnen nog een aantal stappen ondernomen worden om de kwaliteit te optimaliseren. Zo kan een statief gebruikt worden om schokken te voorkomen. Het gebruik van ongecomprimeerde beelden (.RAW) resulteert niet in een duidelijke verbetering ten opzichte van gecomprimeerde .JPEG-beelden (.JPEG).

In vergelijking met laserscanning zijn voor de georeferentie maar twee of drie extra paspunten nodig om eenzelfde detailmeting te verrichten. Kijkend naar het resulterende product dan is de resolutie van de fotogrammetrische puntenwolk in dezelfde orde als een laser-scan meting (32 miljoen punten). Mede door het gemak van snel foto's maken, kan geconcludeerd worden dat fotogrammetrie een goedkoop en praktisch instrument is voor de landmeter.



Figuur 3a. Driedimensionale weergave van de beknopte puntenwolk: dit zijn de verbindingspunten voor de stralenbundelvereffening (721 769 punten). De lichtblauwe vierkanten geven de positie aan van de opnames (in totaal 241).

Toekomstvisie

Met beperkte kennis van fotogrammetrie is het mogelijk een kwalitatief hoogstaand product af te leveren in de vorm van een puntenwolk. De keuze voor een zandgroef als demonstratiegebied was bewust, aangezien het een natuurlijk variërend fenomeen betreft. Bij traditionele methodes zijn dit soort opdrachten namelijk sterk afhankelijk van de interpretatie van de landmeter in het veld en zal er minder detail in de meting opgenomen worden. Wij denken dat deze trend zich voort zal zetten en dat fotogrammetrie ingeburgerd zal worden als opmetings-techniek bij studie- en ingenieurbureaus. Dankzij ontwikkelingen binnen



Figuur 3b. Gereconstrueerde oostelijke zandhelling.

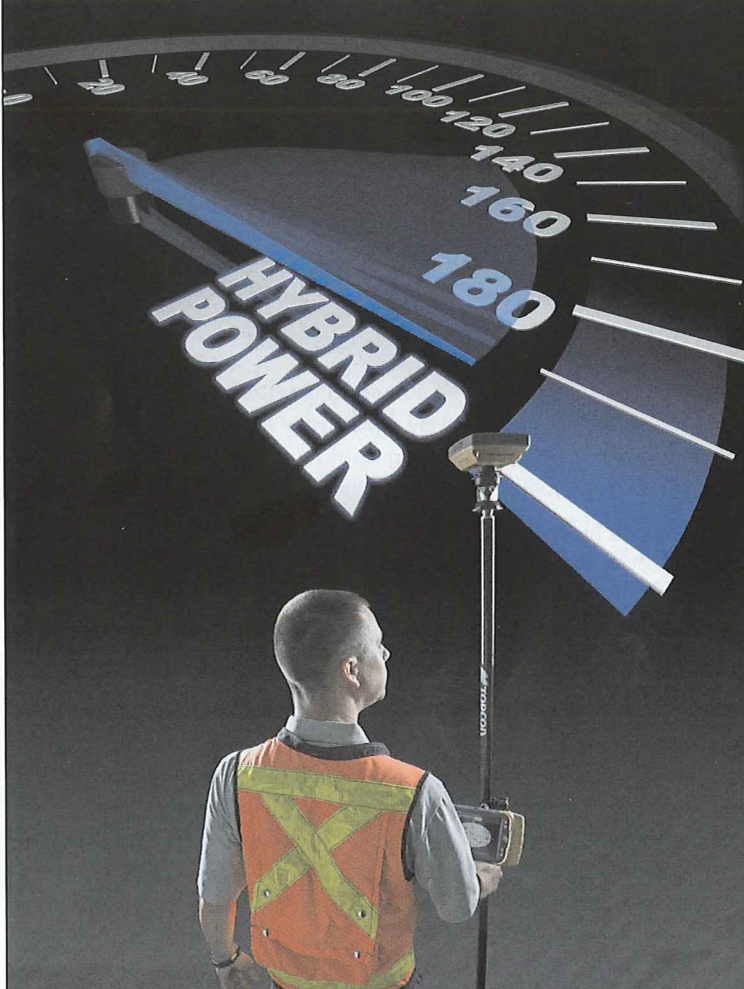
de verwerking en de toenemende rekenkracht is een supercomputer geen vereiste meer. Verder bestaan er ook al aanbieders die de verwerking 'in the cloud' doen. Daaropvolgend zien we dat metingen steeds meer naar binnen worden gebracht: zo bestaan er reeds systemen waarmee de topografie binnen een virtuele omgeving kan ingebracht worden. Dit evolueert dan naar een werkveld waarin puntenwolken worden gegenereerd met de smartphone in de hand en via sociale media worden gedeelt en geliked door de opdrachtgever.


Bas Altena is onderzoekersmedewerker bij de onderzoeksgroep EAVISE (Embedded and Artificially intelligent Vision Engineering), KU Leuven. Maarten Borremans is landmeter bij Jan de Nul. Liesbet Cockx is docent bij de opleiding Bouwkunde/Landmeten Campus de Nayer.

Referenties -

- [Argawal, e.a., 2009] Agarwal, S., Snavely, N., Simon, I., Seitz, S.M. and Szeliski, R. 2009 Building Rome in a day, IEEE 12th International Conference on Computer Vision 72-79.
- [Moons e.a., 2009] Moons, T., Van Gool, L. en Vergauwen, M. 2009 3D reconstruction from multiple images: Part 1: Principles Foundations and trends in computer graphics and vision. 4(4): 287-404.
- [Hartley en Zisserman, 2000] Hartley, R. en Zisserman, A. 2000 Multiple view geometry in computer vision Cambridge University Press.


advertentie





Bij het woord hybride denk je meestal niet direct aan krachtig; bij Topcon Hybrid Positioning zul je dat beslist wel doen! Het verschaft je het extra vermogen om veeleisende meetwerkzaamheden sneller te kunnen uitvoeren dan ooit tevoren!

Topcon's unieke GNSS en robotic technologie gecombineerd en verbonden via MAGNET Software. Dat is Topcon Hybrid Power!



Hybrid Positioning

topcon-positioning.eu